

# Einsatz von gecufften Endotrachealtuben bei Kindern in der Notfall- und Rettungsmedizin

Endotracheale Tuben mit Cuff haben in den letzten Jahren in der Kinderanästhesie wie auch in der pädiatrischen Intensivmedizin vermehrt Anwendung bei Kindern unter 8 Jahren gefunden [1, 2, 3, 4, 5, 6]. Neue Kindertuben mit Cuff [7, 8, 9] scheinen auch die Unzulänglichkeiten [10, 11, 12, 13, 14, 15, 16] bisheriger Kindertuben mit Cuff weitgehend beseitigt und damit die Sachlage verändert zu haben [17].

Die wichtigsten Vorteile und Argumente, gecuffte Tuben bereits bei kleinen Kindern einzusetzen, sind die hohe Treffsicherheit bei der Tubusgrößenwahl sowie die zuverlässige Abdichtung des Atemwegsystems ohne den Einsatz übergroßer Tuben [18]. Beide Eigenschaften machen den Einsatz von gecufften Tuben bei kleinen Kindern in der Rettungs- und Notfallmedizin bzw. in kritischen Situationen attraktiv und haben bei einigen Rettungsdiensten und Notaufnahmestationen bereits auch zu einer Umstellung auf gecuffte Kindertuben geführt.

Wenn gecuffte Tuben bei Säuglingen und Kleinkindern in der Notfall- und Rettungsmedizin eingesetzt werden, dann gilt es einige wichtige Punkte und Vorsichtsmaßnahmen zu beachten, welche im Folgenden besprochen werden sollen.

## Tubusgrößenwahl

Gecuffte Tuben werden im Innendurchmesser (ID) 0,5–1,0 mm kleiner als ungecuffte Tuben gewählt, um

- den Ringknorpel möglichst wenig mit Druck durch den Tubus zu belasten,
- das Risiko, einen übergroßen Tubus einzusetzen bzw. auszuwechseln, stark zu minimieren,
- um das zusätzliche Cuffmaterial am Tubus zu kompensieren.

Heute gängige Empfehlungen zur Größenwahl von gecufften Tuben bei Kindern sind die Formeln von Khine [1] sowie von Motoyama [19] für Kinder ab 2 Jahren. Für Kinder unter 2 Jahren stützt sich die Größenwahl meist auf die Empfehlung von Khine ([1]; **Tab. 1**).

Während die Innendurchmesser standardisiert sind, zeigen die Außendurchmesser von gecufften Tuben zwischen den Herstellern, aber auch innerhalb

eines Herstellers [16] beträchtliche Unterschiede [10]. Da der Außendurchmesser des Tubus von entscheidender Wichtigkeit für den passenden Sitz eines Tubus im Ringknorpel ist, sind oben genannte Formeln zu Größenwahl nicht generell für alle gecufften Kindertuben anwendbar. Die Variabilität der Außendurchmesser ist im Übrigen auch für die diversen Formeln beim Einsatz ungecuffter Tuben mitverantwortlich [20]. Generell muss daher gefordert werden, dass jeder Hersteller von Kindertuben eine klinisch kontrollierte Größenwahlempfehlung für seine Tubuserien mitliefert oder gar die Tubusverpackung mit Angaben über die Alterszielgruppe bedruckt, was leider bis heute noch bei keinem Tubushersteller der Fall ist.

**Tab. 1** Wahl der Tubusgröße (gecuffte Tuben)

Tubusgrößenwahl nach Khine		Tubusgrößenwahl nach Motoyoma	
Alter [Jahre]	Innendurchmesser [mm]	Alter [Jahre]	Innendurchmesser [mm]
0–1	3,0	0–1	3,0
1–3	3,5	1–2	3,5
3–5	4,0	2–4	4,0
5–7	4,5	4–6	4,5
7–9	5,0	6–8	5,0
9–11	5,5	8–10	5,5
11–13	6,0	10–12	6,0
13–15	6,5	12–14	6,5
15–17	7,0	14–16	7,0
Tubuswechselrate (nach Khine [1]):		Tubuswechselrate (nach Dullenkopf [18]):	
0–16 Jahre (n=251): 1,0%		0–16 Jahre (n=500): 1,6%	
Tubusmarke: Sheridan		Tubusmarke: Microcuff PET	

M. Weiss · T. Nicolai

### Einsatz von gecufften Endotrachealtuben bei Kindern in der Notfall- und Rettungsmedizin

#### Zusammenfassung

Moderne Pädiatrietuben mit Cuff kommen in der Kinderanästhesie und Kinderintensivmedizin vermehrt zur Anwendung. Hohe Treffsicherheit bei der Tubusgrößenwahl sowie die zuverlässige Abdichtung des Atemwegssystems ohne den Einsatz übergroßer Tuben sind entscheidende Vorteile gecuffter Tuben auch bei Säuglingen und kleinen Kindern in der Notfall- und Rettungsmedizin. Für einen sicheren Einsatz gecuffter Tuben in dieser Altersgruppe ist die Auswahl eines Pädiatrietubus mit korrekt platziertem Hochvolumen-Niederdruck-Cuff und Intubationstiefenmarkierung sowie eine geprüfte Tubusgrößenauswahlliste die Voraussetzung. Die Überprüfung des Tubus auf eine Luftlecka-

ge nach der Intubation bei noch entleertem Cuff, das Füllen des Cuffs unter Cuffdruckkontrolle sowie die Cuffdruckbegrenzung auf maximal 20 cmH<sub>2</sub>O erlauben den sicheren Einsatz von gecufften Tuben bei Säuglingen und Kindern. Fehlen gute Kindertuben mit Cuff, Altersgrößenauswahlliste und Cuffmanometer, so dürfen gecuffte Tuben bei Säuglingen und Kindern in der Rettungs- und Notfallmedizin nicht eingesetzt werden. Dann sollten weiterhin ungecuffte Tuben zum Einsatz gelangen.

#### Schlüsselwörter

Endotracheale Intubation · Beatmungstubus · Cuff · Kinder · Säuglinge

### Cuffed pediatric tracheal tubes in emergency medicine

#### Abstract

Cuffed pediatric tracheal tubes are increasingly used in pediatric anesthesia and pediatric intensive care for infants and small children. High chance to select a correct-fitting tube and reliable sealing of the trachea without the use of an oversized uncuffed tube are the most important advantages of using cuffed tubes for infants and small children in emergency situations. If cuffed tubes in pediatric emergency are used a well-designed tube with a correctly placed high volume-low pressure and an adequate intubation depth mark and the presence of a printed chart with recommendations for age-related tube size selection should be available. Confirmation of an air leak around the trache-

al tube after intubation with the cuff not inflated, cuff inflation by cuff pressure monitoring and limitation of cuff pressure at 20 cmH<sub>2</sub>O allows the safe use of cuffed tracheal tubes in infants and children. In case of lack of good pediatric cuffed tubes, lack of a chart with recommendations for age-related tube size selection and lack of a cuff pressure manometer, cuffed pediatric tubes should not be used in infants and children in the emergency setting.

#### Keywords

Intubation · Tracheal tubes · Cuffed tubes · Children · Infants

Zur Treffsicherheit von Tubusgrößenformeln für gecuffte Tuben gibt es zurzeit gerade 2 klinisch-kontrollierte Untersuchungen [1, 18]. Welche Formel man auch immer anwendet, entscheidend ist, dass ein gecuffter Tubus bei völlig entleertem Cuff eine Luftleckage bei spätestens 20 cmH<sub>2</sub>O Inflationsdruck aufweisen muss. Andernfalls ist auf den nächst kleineren Tubus zu wechseln (■ Tab. 1).

#### Tubuswahl

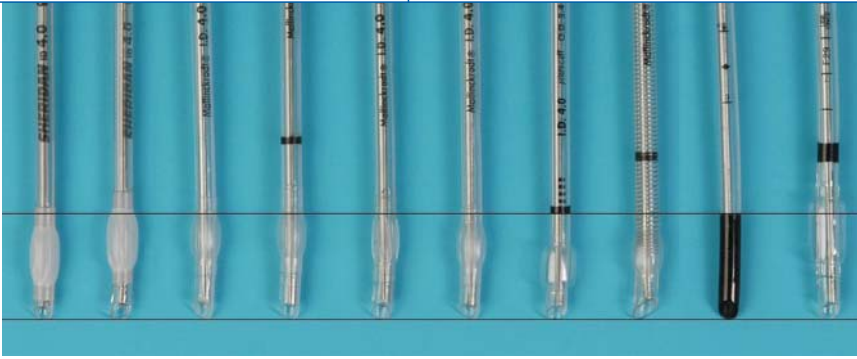
Aus ■ Abbildung 1 wird deutlich ersichtlich, dass erhebliche Unterschiede in der Ausgestaltung von gecufften Kindertuben gleicher Größe (ID) von verschiedenen Herstellern vorhanden sind. Die wesentlichen Unzulänglichkeiten betreffen

- unterschiedliche Außendurchmesser bei gleichem ID,
- das Fehlen einer Intubationstiefenmarkierung,
- falsch positionierte Intubationstiefenmarkierungen (Risiko der endobronchialen Intubation),
- zu hoch am Tubusschaft positionierte Cuffs (Risiko der intralaryngealen Lage des Cuffs),
- Cuffs mit zu kleinen Residualdurchmesser, sodass der Cuff bei 20 cmH<sub>2</sub>O Cuffdruck das Innenlumen der Trachea nicht abzudichten vermag.

Letzteres entspricht dem Verhalten von Niedervolumen-Hochdruck-Cuffs, welche erst mit hohem Druck die Trachea abdichten im Gegensatz zu Hochvolumen-Niederdruck-Cuffs, welche die Trachea bereits bei niedrigen Cuffdruckwerten auskleiden und abdichten [21, 22].

Bei der Auswahl eines pädiatrischen Endotrachealtubus mit Cuff sollte darauf geachtet werden, dass der Tubus eine dünnwandige Tubuswand und einen kurzen Hochvolumen-Niederdruck-Cuff aufweist, der möglichst distal am Tubusschaft platziert ist. Polyurethan-Cuffs erlauben die Trachea bei wesentlich tieferen Cuffdruckwerten abzudichten als Polyvinylchlorid-Cuffs [8, 18, 23].

Weiter ist es sicherlich hilfreich, wenn der Tubus eine korrekt angebrachte Tiefenmarkierung aufweist, welche dem mit pädiatrischen Formeln nicht immer vertrauten Intubierenden in der Notfallsitua-



**Abb. 1 ▲** Gecuffte Endotrachealtuben mit Innendurchmesser (ID) von 4,0 mm unterschiedlicher Hersteller sowie korrespondierender ungecuffter Endotrachealtubus der Größe ID 4,5 mm als Maßgabe für die Intubationstiefe auf Stimmbandniveau



**Abb. 2 ▲** Cuffmanometer mit Überdruckventil zur oberen Begrenzung des Cuffdrucks auf maximal 20–22 cmH<sub>2</sub>O (Microcuff GmbH, Weinheim, Germany)



**Abb. 3 ▲** Stabile Tubusfixation bei oral eingeführtem Tubus mit Klebestreifen über Ober- und Unterkiefer sowie oropharyngealem Atemweg (Güdel) als Beißschutz und zur Tubusstabilisierung

tion hilft, den Tubus so zu platzieren, dass der Cuff sicher in der Trachea und die Tubusspitze mit einem sicheren Abstand zur Bifurkation zu liegen kommt [24, 25].

## Cuffdruck

Die Überwachung und Begrenzung des Cuffdrucks ist entscheidend beim Einsatz von gecufften Tuben in der Pädiatrie. Hyperinflation des Cuffs führt einerseits zu Druckschädigungen der Atemwegschleimhaut gefolgt von Ischämie, Ulzera und Narbenbildungen [26], andererseits führt das unbedachte großzügige Füllen von Cuffs bei Kindertuben zum Volutrauma der Atemwege [11, 27].

Bedingt durch das kleine Residualvolumen pädiatrischer Cuffs, führen bereits kleine Mengen an Luft aus einer Spritze oder leichte Kompression eines Cuffmanometerballons zu Cuffdruckwerten bzw. Wanddruckwerten von >100 cmH<sub>2</sub>O [28]. Erb u. Frei schlagen den Einsatz einer Insulinspritze in Kombination mit einem Cuffmanometer vor, um vorsichtig den Cuffdruck bis maximal 20 cmH<sub>2</sub>O einzustellen [4]. Diese Technik sowie elektronische Cuffdruckregler mögen im Klinikbetrieb brauchbar und sinnvoll sein, für den Einsatz im Rettungsdienst sind sie jedoch eher ungeeignet.

Die Palpation des Cuffdrucks am Pilotballon zur Abschätzung des Cuffdrucks ist ebenfalls unzuverlässig [29]. Die gängige Praxis, soviel Luft in einen Tubuscuff zu füllen, bis nur noch eine ganz leichte oder knapp keine Luftleckage mehr zu hören ist, kann ebenso wenig empfohlen werden. Wie von Dullenkopf et al. gezeigt wurde, können pädiatrische Endotrachealtuben mit Cuff bis 60 cm H<sub>2</sub>O Cuffdruck eine Luftleckage aufweisen, was nicht immer auf zu kleine Tubuscuffs, sondern auch auf eine asymmetrische Form der Trachea oder Falten- und Kanalbildung im Cuff zurückzuführen ist [8, 23].

Die Kombination eines Cuffmanometers mit einem Überdruckventil erlaubt, auch kleinvolumige Cuffs von Kindertuben sicher zu blocken, wobei der Cuffdruck bei ca. 20–22 cmH<sub>2</sub>O begrenzt wird (▣ Abb. 2; [30]). Wird das Cuffmanometer mit Überdruckventil am Tubuscuff belassen, so wird eine akute Hyperinflation durch akzidentelle Kompression des Pilotballons oder bruske Kompression des Cuffmanometerballons ebenfalls prompt entlastet [11, 30].

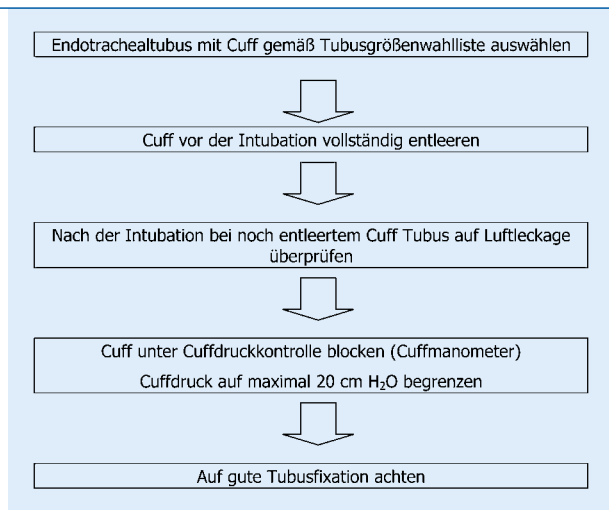
So wie eine Cuffüberblähung vermieden werden muss, so darf ein Cuff niemals mit Unterdruck belassen werden. Cuffunterdruck führt zur Bildung von scharfen Falten, welche chronisch zu Läsionen der Atemwegschleimhaut führen können [16]. Weist ein Tubus mit entleertem Cuff nach der Intubation eine nur knappe Luftleckage auf, so darf der Cuff niemals völlig entblockt belassen werden, sondern der Cuff muss mit wenig Luft in der Trachea unter Cuffdruckbegrenzung bis maximal 20 cm H<sub>2</sub>O insuffliert werden, um allfällige Falten auszuglätten.

## Tubusfixation

Der Vollständigkeit halber sei noch auf die Fixierung des Tubus hingewiesen. Die nasale Intubation bietet generell die stabilere Tubusfixation als die orale Intubation und wird daher gelegentlich von Anästhesisten bei Kindern unter 2 Jahren auch bevorzugt. Sie ist aber in der Notfallsituation nicht als primäre Intubationsroute zu empfehlen. Umso wichtiger ist es, den oral eingeführten Tubus sicher und stabil mit einem Klebestreifen über Ober- und Unterkiefer zusammen mit einem oropharyngealen Luftweg (Güdel) als Beißschutz und zur Tubusstabilisation zu fixieren (▣ Abb. 3). Wie bei ungecufften Tuben ist auch bei gecufften Tuben dabei zu beachten, dass von Beatmungsbeutel oder Beatmungsschläuchen kein Zug am Tubus während des Transports oder Umlagerungen ausgeübt wird.

## Fazit für die Praxis

**In der Kinderanästhesie und Kinderintensivmedizin werden moderne Pädiatrietuben mit Cuff vermehrt eingesetzt. Auch in der Notfall- und Rettungsmedizin be-**



**Abb. 4** ◀ Wichtige Punkte beim Einsatz von gecufften Tuben in der Notfall- und Rettungsmedizin

stehen Vorteile beim Einsatz bei Säuglingen und kleinen Kindern. Hier sind insbesondere die hohe Treffsicherheit bei der Tubusgrößenwahl sowie die zuverlässige Abdichtung des Atemwegssystems entscheidende Vorteile. Beim Einsatz gecuffter Pädiatrietuben ist auf die Auswahl eines anatomisch korrekt gebauten Kindertubus mit distal platziertem Hochvolumen-Niederdruck-Cuff zu achten, zudem sollten eine adäquate Intubationstiefenmarkierung sowie eine validierte Tubusgrößenauswahlliste vorhanden sein. Ein Cuffmanometer muss zur Cuffdrucküberwachung bzw. -begrenzung auf maximal 20 cmH<sub>2</sub>O vorhanden sein (▣ Abb. 4). Verfügt ein Rettungswagen oder eine Notfalleinrichtung nicht über gute gecuffte Pädiatrietuben mit einer Auswahlliste für die Tubusgröße und steht kein Cuffdruckmanometer zur Verfügung, so sollten gecuffte Tuben bei Säuglingen und Kindern in der Rettungs- und Notfallmedizin *nicht* eingesetzt werden. In diesem Fall sollten weiterhin ungecuffte Tuben zum Einsatz kommen.

## Korrespondierender Autor

PD Dr. M. Weiss

Anästhesieabteilung,  
Universitäts-Kinderkliniken  
Steinwiesstraße 75, 8043 Zürich  
markus.weiss@kispi.unizh.ch

**Interessenkonflikt.** PD Dr. M. Weiss entwickelt in Zusammenarbeit mit Microcuff GmbH (Weinheim, Deutschland) und TYCO Health Care, Respiratory Group (Athlone, Irland) kindergerechte Beatmungstuben mit Cuff. Aus diesen Kooperationen sind weder Patentrechte, Verträge noch finanzielle Abgeltungen für PD Dr. Weiss hervorgegangen. Trotz des möglichen Interessenkonflikts ist der Beitrag unabhängig und produktneutral.

## Literatur

1. Khine HH, Corrdry DH, Kettrick RG et al. (1997) Comparison of cuffed and uncuffed tracheal tubes in young children during general anesthesia. *Anesthesiology* 86: 627–631
2. Murat I (2001) Cuffed tubes in children: a 3-year experience in a single institution. *Paediatr Anaesth* 11: 748–749
3. Fine GF, Borland LM (2004) The future of the cuffed endotracheal tube. *Pediatr Anesth* 14: 38–42
4. Erb T, Frei FJ (2001) The use of cuffed endotracheal tubes in infants and small children. *Anaesthesist* 50: 395–400
5. Newth CJ, Rachmann B, Patel N, Hammer J (2004) The use of cuffed versus uncuffed endotracheal tubes in pediatric intensive care. *J Pediatr* 144: 333–337
6. Deakers TW, Reynold G, Stretton M, Newth CJ (1994) Cuffed tubes in pediatric intensive care. *J Pediatr* 125: 57–62
7. Weiss M, Dullenkopf A, Gerber AC (2004) Microcuff pediatric tracheal tube. A new tracheal tube with a high volume-low pressure cuff for children. *Anaesthesist* 53: 73–79
8. Dullenkopf A, Schmitz A, Gerber AC, Weiss M (2004) Tracheal sealing characteristics of pediatric cuffed tracheal tubes. *Pediatric Anesthesia* 14: 825–830
9. Frei F (2004) *Kinderanästhesie*, 3. Aufl. Springer, Berlin Heidelberg New York, S 140
10. Weiss M, Dullenkopf A, Gysin C, Dillier C, Gerber AC (2003) Shortcomings of paediatric cuffed endotracheal tubes. *Br J Anaesth* 92: 78–88
11. Holzki J (2002) Tubes with cuffs in newborn and young children are a risk! *Anaesthesist* 51: 321–323
12. Ho AM, Aun CS, Karmakar MK (2002) The margin of safety associated with the use of cuffed paediatric tracheal tubes. *Anaesthesia* 57: 173–175
13. Devys JM, Schavuliege F, Talor G, Plaud B (2004) Cuff compliance of pediatric and adult cuffed tracheal tubes: an experimental study. *Pediatr Anaesth* 14: 676–680
14. Goel S, Lim SL (2003) The intubation depth marker: the confusion of the black line. *Paediatr Anaesth* 13: 579–583
15. Wallace CJ, Bell GT (2001) Tracheal tube markings. *Paediatr Anaesth* 14: 279–285
16. Dillier CM, Trachsel D, Baulig W, Gysin C, Gerber AC, Weiss M (2004) Laryngeal web due to an inappropriately designed cuffed paediatric endotracheal tube. *Can J Anesth* 51: 72–75
17. Schmid E, Johr M (2005) Current discussions in pediatric anesthesia. *Pediatric Anesthesia Symposium in Zurich*, 17.–18. September 2004. *Anaesthesist* 54: 163–165
18. Dullenkopf A, Gerber AC, Weiss M (2005) Tracheal sealing characteristics of a new paediatric tracheal tube with high volume-low pressure polyurethane cuff. *Acta Anaesthesiol Scand* 49: 232–237
19. Motoyama EK (1990) Endotracheal intubation. In: Motoyama EK DP (ed) *Smith's anesthesia for infants and children*. Mosby, St. Louis, pp 269–275
20. Johr M (2002) The choice of tube size in children. *Anaesthesist* 51: 326–327
21. Guyton D, Banner MJ, Kirby RR (1991) High-volume, low-pressure cuffs. Are they always low pressure? *Chest* 100: 1076–1081
22. Dullenkopf A, Kretschmar O, Knirsch W et al. (2006) Comparison of tracheal tube cuff diameters with internal transverse diameters of the trachea in children. *Acta Anaesthesiol Scand* 50: 201–205
23. Dullenkopf A, Gerber A, Weiss M (2003) Fluid leakage past tracheal tube cuffs: evaluation of the new Microcuff endotracheal tube. *Intensive Care Medicine* 29: 1849–1853
24. Weiss M, Gerber AC, Dullenkopf A (2005) Appropriate placement of intubation depth marks in a new cuffed paediatric tracheal tube. *Br J Anaesth* 94: 80–87
25. Weiss M, Balmer C, Dullenkopf A et al. (2005) Intubation depth markings allow an improved positioning of endotracheal tubes in children. *Can J Anaesth* 52: 721–726
26. James I (2001) Cuffed tubes in children. *Paed Anaesth* 11: 259–263
27. Bernet V, Dullenkopf A, Maino P, Weiss M (2005) Outer diameter and shape of paediatric tracheal tube cuffs at higher inflation pressures. *Anaesthesia* 60: 1123–1128
28. Morris JV, Latto IP (1985) An electropneumatic instrument for measuring and controlling the pressures in the cuffs of tracheal tubes: „the Cardiff Cuff Controller“. *J Med Eng Technol* 9: 229–230
29. Felten ML, Schmutz E, Delaporte-Cerceau S, Orliaguet GA, Carli PA (2003) Endotracheal tube cuff pressure is unpredictable in children. *Anesth Analg* 97: 1612–1616
30. Dullenkopf A, Bernet V, Maino P, Weiss M (2006) Performance of a novel pressure release valve for cuff pressure control in paediatric tracheal tubes. *Pediatric Anesthesia* 16: 19–24